

**Method of determining state of accumulator battery charge and power handling capacity with heavy current**

**Publication number:** CZ9903638

**Publication date:** 2000-07-12

**Inventor:** LAIG-HOERSTEBROCK HELMUT DR (DE); MEISSNER EBERHARD DR (DE); UEBERMEIER DIETER (DE); MICHELS KARSTEN (DE); DIERKER UWE (DE)

**Applicant:** VB AUTOBATTERIE GMBH (DE); VOLKSWAGEN AG (DE)

**Classification:**

- **international:** G01R19/00; H01M10/48; H02J7/00; G01R19/00;  
H01M10/42; H02J7/00; (IPC1-7): G01R19/00;  
H01M10/48; H02J7/00

- **European:**

**Application number:** CZ19990003638 19991014

**Priority number(s):** CZ19990003638 19991014

[Report a data error here](#)

Abstract not available for CZ9903638

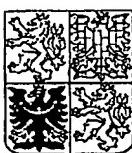
---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19) ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: 14.10.1999

(32) Datum podání prioritní přihlášky: 15.10.1998

(31) Číslo prioritní přihlášky: 1998/19847648

(33) Země priority: DE

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: 12.07.2000  
(Věstník č. 7/2000)

(21) Číslo dokumentu:

**1999 - 3638**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>:

G 01 R 19/00

H 01 M 10/48

H 02 J 7/00

(71) Přihlašovatel:

VB AUTOBATTERIE GMBH, Hannover, DE;  
VOLKSWAGEN AG, Wolfsburg, DE;

(72) Původce:

Laig-Hörstebrock Helmut Dr., Frankfurt, DE;  
Meissner Eberhard Dr., Hofheim, DE;  
Übermeier Dieter, Hannover, DE;  
Michels Karsten, Braunschweig, DE;  
Dierker Uwe, Isenbüttel, DE;

(74) Zástupce:

Čermák Karel Dr., Národní třída 32, Praha 1, 11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob určení stavu nabité akumulátorů a  
zatížitelnosti vysokým proudem**

(57) Anotace:

U způsobu ke stanovení stavu akumulátorů a jejich  
zatížitelnosti vysokým proudem se v pauzách bez proudu před  
a po zátěžové fázi měří napětí  $U_{o1}$  a  $U_{o2}$  chodu naprázdno. Z  
něho se při zohlednění parametrů, specifických pro  
akumulátor, zejména časového průběhu napětí chodu  
naprázdno, vypočítávají absolutní klidová napětí  $U_{oo1}$  a  $U_{oo2}$   
akumulátoru. Během zátěžové fáze se mění přeměněné  
proudové množství  $q$ , a ze vztahu  $U_{oo2} - U_{oo1} = C_1 q/Q_0$  se  
zjišťuje z průběhu klidového napětí  $U_{oo}$ , linearizovaného  
pomocí vzorce  $SOC_i = U_{oo2}/C_1 - C_2$ , v závislosti na stavu  
nabité akumulátoru, z čehož se vypočítává absolutní stav nabité  
jako  $SOC_i Q_0$ . Z vnitřního odporu  $R_1$ , předem dané teploty a  
naposled zjištěného stavu nabité se prognózuje klidové napětí  
pro pozdější časový okamžik, ze kterého se známým proudem,  
potřebným ke spouštění motoru, odvozuje výpověď o  
schopnosti akumulátoru ke spouštění.

CZ 1999 - 3638 A3

01-2015-99-Če

Způsob určení stavu nabité akumulátorů a jejich zatížitelnosti vysokým proudem

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu k určení stavu nabité akumulátorů a jejich zatížitelnosti vysokým proudem.

Dosavadní stav techniky

Pro uživatele akumulátorů je důležité znát stav nabité akumulátorů a jejich zatížitelnost vysokým proudem. Ke schopnosti spouštěcího akumulátoru spouštět motorové vozidlo se spalovacím motorem je rozhodující stav nabité akumulátoru a stav stárnutí, popř. se rýsující úbytek kapacity akumulátoru, protože tím se omezuje velikost proudu, který se nechá odebírat ze spouštěcího akumulátoru, popř. jeho odevzdávaný výkon. Zvláštní význam má stanovení stavu nabité, popř. spouštěcí schopnosti akumulátoru v případech, ve kterých existuje například přerušovaný provoz motoru, protože potom v době vypnutého motoru se přístrojová deska vozidla se svými spotřebiči dále provozuje, ačkoliv generátor nevyrábí žádný proud. Kontrola stavu nabité a spouštěcí schopnosti akumulátoru musí v takových případech zaručit, že energie, obsažená v akumulátoru, postačuje stále k tomu, že se motor nechá ještě spustit.

K měření stavu nabité akumulátorů jsou známy nejrůznější způsoby. V mnoha případech se používají integrované měřicí přístroje (počítadlo Ah), přičemž se nabíjecí proud zohledňuje pevným nabíjecím koeficientem, popřípadě odhadem. Protože využitelná kapacita akumulátoru je závislá na velikosti vybíjecího proudu a teplotě, nemůže se takovým způsobem přijít

ani na žádnou uspokující výpověď o využitelné kapacitě, která se ještě nechá akumulátoru odebrat.

Z DE-PS 2242510 je například známo, že u způsobu k měření stavu nabité se nabíjecí proud odhaduje koeficientem, závislým na teplotě a na stavu nabité samotného akumulátoru.

Z DE-OS 4007883 je možno vyčíst způsob, u kterého se zjišťuje spouštěcí schopnost akumulátoru měřením napětí akumulátoru a teploty akumulátoru a srovnáním se soustavou nabíjecích charakteristik, platnou pro typ akumulátoru, který chceme zkoušet.

Z DE-OS 19543874 je možno vyčíst způsob výpočtu výbíjecí charakteristiky a měření zbytkové kapacity akumulátoru, u kterého způsobu se rovněž měří proud, napětí a teplota. Přičemž se výbíjecí charakteristika approximuje matematickou funkcí se zakřiveným povrchem.

DE-PS 3901680 popisuje způsob kontroly schopnosti spouštěcího akumulátoru ke spouštění zastudena, při kterém se spouštěcí akumulátor dočasně zatěžuje odporem, měří se napětí, které na odporu klesá, a porovnáním s hodnotami, získanými zkušenostmi, se stanovuje, zda ještě postačuje schopnost akumulátoru ke spouštění za studena. K zatížení spouštěcího akumulátoru přitom slouží proces spouštění.

Na závěr je možno z DE-OS 4339568 zjistit způsob ke stanovení stavu nabité spouštěcího akumulátoru motorového vozidla, u kterého se měří proud akumulátoru a klidové napětí a ze kterého se usuzuje na stav nabité, přičemž se dodatečně zohledňuje i teplota akumulátoru. Nabíjecí proudy, naměřené během různých časových intervalů, se spolu porovnávají a z tohoto se stanovuje zbytková kapacita.

Známými způsoby není bez dalšího možné, získat dostatečný údaj stavu nabité akumulátoru, který je dostatečně přesný, mnohé z těchto známých způsobů jsou dále nákladné a proto se bez dalšího nedají použít v motorovém vozidle.

Vynález má za úkol, udat způsob ke stanovení stavu nabité a spouštěcí schopnosti spouštěcího akumulátoru motorových vozidel, který má dostatečnou přesnost v praxi a také je tak jednoduchý, že systém rozpoznávání stavu akumulátoru se již po krátké době "naučí" všechny potřebné pěvné parametry funkčních závislostí a je schopný předpovídání.

#### Podstata vynálezu

Tento úkol se řeší způsobem ke stanovení stavu nabité akumulátorů a jejich zatížitelnosti vysokým proudem, spočívajícím v tom, že v pauzách bez proudu před a po zátěžové fázi se měří napětí  $U_{01}$  a  $U_{02}$  chodu naprázdno, že se z něho při zohlednění parametrů, specifických pro akumulátor, zejména časového průběhu napětí chodu naprázdno, vypočítávají klidová napětí  $U_{001}$  a  $U_{002}$  akumulátoru, že během zátěžové fáze se měří přeměrné prouďové množství  $q$ , a že se ze vztahu ve tvaru  $U_{002} - U_{001} = C_1 q / Q_0$  zjišťuje kapacita  $Q_0$  kyseliny akumulátoru a že relativní stav nabité  $SOC_0$  se zjišťuje z průběhu klidového napětí  $U_{00}$ , linearizovaného pomocí vzorce  $SOC_0 = U_{002}/C_1 - C_2$ , v závislosti na stavu nabité akumulátoru, z čehož se vypočítává absolutní stav nabité jako  $SOC_0 = Q_0$ .

Vztah mezi stavem nabité SOC (State of Charge) a klidovým napětím  $U_{00}$  zohledňuje skutečnost, že klidové napětí u malých nabíjecích stavů sice roste nelineárně s SOC, potom ale ve vyšší oblasti stavu nabité, relevantní pro praxi, přechází do téměř lineárního průběhu. Pro SOC se proto používá lineární přizpůsobení na závislost klidové napětí/stav nabité v oblasti SOC mezi 0,2 a 1 tvaru  $SOC = U_{00}/C_1 - C_2$  s  $C_1$  cca. 1,5 V a  $C_2$

cca. 7,5 (pro olověné akumulátory s šesti články).

Příklady provedení vynálezu

Podle způsobu podle vynálezu se v pauzách bez proudu před zatěžovací fází nebo po ní uskutečňuje měření napětí  $U_0$  akumulátoru chodu naprázdno. Z něho se při zohlednění parametrů, specifických pro akumulátor, zejména ale časového průběhu napětí  $U_0$  chodu naprázdno, počítá absolutní klidové napětí  $U_{00}$  akumulátoru. Během zatěžovací fáze se měří přeměněné množství proudu  $q$  a z poměru rozdílu takto spočítaných klidových napětí a změny náboje se stanovuje takzvaná kapacita  $Q_0$  kyseliny akumulátoru, popř. se zjišťuje změna stavu nabitého akumulátoru. K tomu slouží vztah

$$U_{002} - U_{001} = C_1 q / Q_0$$

$C_1$  je veličina, stanovená empiricky ze systémových vlastností olověného akumulátoru. Její hodnota leží u běžných spouštěcích akumulátorů při cca. 1,5 V (šesticlánekové baterie).

Kapacita  $Q_0$  kyseliny je množství elektřiny, které je vyjádřené v elektrických ekvivalentech a které je uloženo v kyselině sírové, která je v akumulátoru k dispozici.

Množství proudu  $q$ , přeměněné během zatěžovací fáze, se stanovuje integrovaným měřením proudu i akumulátoru. Měření napětí v klidových fázích akumulátoru se přednostně uskutečňuje v předem daných časových intervalech. Časové intervaly se přitom volí tak, že se uskutečňuje stálá kontrola akumulátoru, měření se může například uskutečňovat v minutových intervalech.

Je účelné, normalizovat všechna měřená data na předem danou teplotu, např. 25 °C. U výpočtu absolutního klidového

napětí  $U_{o0}$  z naměřených napětí chodu naprázdno se zohledňuje tvar napětí, časový průběh napětí akumulátoru a doba předcházející klidové pauzy. Pravé klidové napětí se stanovuje ze dvou klidových napětí, měřených po sobě v jedné pauze. Abychom u tohoto výpočtu dostali uspokojující výsledky, měla by se první použitá hodnota napětí měřit po minimálním časovém intervalu cca. 2 hodiny, a druhá použitá hodnota napětí po dalších cca. 2 hodinách pauzy.

Aby se mohly zjistit další údaje o stavu akumulátoru, zejména případné předpovědi o budoucí spouštěcí schopnosti, určuje se vnitřní odpor  $R_i$  akumulátoru vysokým proudovým zatížením, například při procesu spouštění. Ze zjištěného vnitřního odporu a dat akumulátoru, vypočítaných před tím, se nechá odvodit prognóza o budoucí spouštěcí schopnosti akumulátoru.

Během klidové fáze akumulátoru se uskutečňuje měření napětí  $U_o$  akumulátoru chodu naprázdno. Pro vyhodnocení tohoto napětí chodu naprázdno se učelným způsobem dodržuje minimální klidový čas, který leží v oblasti cca. 4. hodiny. Dobou pauzy se přitom rozumí časový interval, ve kterém je proud menší než cca. 0,1 A u akumulátoru 12 V/50 Ah. Pokud tečou větší proudy, začíná doba pauzy znova od konce téhoto zatížení.

V případech, ve kterých je  $U_o$  po více než jedné hodině ještě větší než 13,2 V (šesti článkový akumulátor), se nemusí uskutečnit žádné další měření, protože se může vycházet z toho, že existuje stav plného nabitého. Pokud klidová pauza leží mezi 4 a 8 hodinami a klidové napětí přitom klesá, vyplývá absolutní klidové napětí  $U_{o0}$  z následujícího vztahu

$$U_{o0} = U_o(4h) - \alpha(U_o(2h) - U_o(4h))$$

$$\text{Přičemž } \alpha = 2,5 - 3,5 \text{ pro } T = 25^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 15 - 20 \text{ pro } T = -18^\circ\text{C}$$

V obecném tvaru se nechá  $U_{oo}$  stanovit z  $U_0$  podle následujícího vztahu:

$$U_{oo} = U_0(t) + ((\alpha + 2) - \ln(\frac{t}{2})/\ln(2))(U_0(\frac{t}{2}) - U_0(\frac{t}{2}/2))$$

(s časem  $t$  v hodinách).

Pokud chceme přesnost ještě zvýšit, může se pro  $\alpha$  také ještě zavést  $U_0(\frac{t}{4})$ -závislost.

Pokud během klidové fáze roste klidové napětí  $U_0$ , je nastavení klidového napětí po cca. 4h obecně ukončeno, tzn.:

$$U_{oo} = U_0(t > 4h)$$

Protože měření absolutního klidového napětí  $U_{oo}$  z výbíjení akumulátoru je obecně podstatně přesnější, než měření, vycházející z předcházejícího nabíjení, může se vypočítaná hodnota absolutního klidového napětí hodnotit výhodným faktorem, který je pro výbíjení větší než pro nabíjení.

Výhodné je, normalizovat měřené hodnoty napětí stále na určitou teplotu, například na 25 °C. Toto normalizování se uskutečňuje podle vzorce

$$U_{oo}(25^\circ C) = U_{oo}(T) - (T - 25^\circ C)\beta$$

Faktor  $\beta = \approx 0,0014$  V/stupeň platí pro šestí článkový olověný spouštěcí akumulátor. S rostoucím počtem článků se úměrně zvětšuje, popř. zmenšuje.

Napětí  $U_{oo}$  chodu naprázdně, vypočítané z právě posledního měření, je měřítkem pro relativní stav nabité SOC (State of Charge) akumulátoru, přičemž:

$$\underline{SOC} = \underline{U}_{00}(25^\circ\text{C})/\underline{C}_1 - \underline{C}_2$$

Ze dvou takto stanovených klidových napětí a množství elektřiny  $q = \int idt$ , které se, v mezi nimi ležícím časovém intervalu, odebírá z akumulátoru, popř. se do akumulátoru nabíjí, se nechá odhadnout kapacita  $Q_0$  kyseliny akumulátoru. Tato kapacita kyseliny, která dostaneme podle

$$Q_0 = \underline{C}_1 q / (\underline{U}_{002} - \underline{U}_{001})$$

z naměřených hodnot, je ekvivalentem kapacity množství kyseliny sírové, které se při neomezení elektrodou akumulátoru při vybíjení teoreticky přeměňuje v olověném akumulátoru. Hodnota  $\underline{C}_1$  leží při cca. 1,5 V a hodnota  $\underline{C}_2$  leží při cca. 7,5 u šesti článkového akumulátoru.

Absolutní stav nabité akumulátoru v ampérsekundách v tomto okamžiku dostaneme jako  $SOC Q_0$ .

Aby se z dříve stanovených hodnot mohly dělat dodatečně ještě prognózy o spouštěcí schopnosti akumulátoru v pozdějším časovém okamžiku, musí se doplňkově ještě měřit vnitřní odporník  $R_i$  akumulátoru.

Vnitřní odporník akumulátoru vyplývá z měření napětí a proudu při vyšším zatížení. K tomu slouží zejména měření napětí a proudu při procesu spouštění.

$R_i$  například dostaneme z

$$R_i = (U_{last} - U_0) / (I_{last} - I_0)$$

Přičemž  $U_0$  je naposled měřené klidové napětí a  $I_0$  je naposled měřený základní proud, způsobený jinými spotřebiči, jako

osvětlení vozidla atd.

Průběh vnitřního odporu spouštěcího akumulátoru v závislosti na stavu nabité je pro více než 50% stavy nabité prakticky konstantní, při nepatrých stavech nabité ale silně stoupá. Aby se tento průběh zohlednil při zjišťování spouštěcí schopnosti akumulátoru, skládá se vnitřní odpor  $R_i$  ze dvou částí: části  $R_1$ , takřka nezávislé na stavu nabité a závislé jenom na teplotě, a podílu  $R_2$ , který se pro  $SOC < 0,5$  silně mění s  $SOC$ .

$$R_i = R_1(I) + R_2(SOC)$$

Pokud je stav nabité větší než 50 %, určuje se  $R_1$  z:

$$R_1 = R_i$$

Pokud je stav nabité menší než 50 %, určuje se  $R_2$  z:

$$R_2 = R_i - R_1$$

Pro  $R_2$  se osvědčil tvar  $R_2 = \exp(-b(SOC - SOC_{cr}))$ , kde  $b \approx 21$ . Z něho se určuje  $SOC_{cr}$ .

Když má například začít stanovování stavu nabité s novým akumulátorem, musí se nejdříve udělat předpoklad o kapacitě spouštěcího akumulátoru, například 60 Ah, a o hraničním  $SOC_{cr}$ , např. 0,2 a o vnitřním odporu (například 14 mΩ). Z počátečního klidového napětí  $U_0$  se vypočítá stav nabité, jak je vysvětleno výše.

Z prvního procesu spouštění se zjištuje vnitřní odpor  $R_i$  a stav nabité  $SOC$ . Tyto hodnoty se, pokud se nově stanovují k pozdějšímu časovému okamžiku, nepřejímají plně, nýbrž se poslední hodnota koriguje podle kvality nového měření. Čím

větší je množství kapacity, nabíjené nebo oděbírané mezi pauzami, tím přesněji se může zjistit kapacita kyseliny a o tolik dříve se může úplně přebírat nová hodnota. Účelné je přebírat nově zjištěnou hodnotu pevně, např. s 10% odchylkou. Když vyhodnocení absolutního klidového napětí dává vyšší hodnotu pro stav nabité, než výpočet ze součtu starého určení stavu nabité a měřené změny stavu nabité, kvůli jistotě a z důvodu hodnověrnosti se nepřebírá SOC - hodnota, spočítaná z  $U_{ao}$ , úplně, nýbrž korigovaná hodnota.

Ze souvislostí podle vynálezu se nechá předložit prognóza o opětovné spouštěcí schopnosti akumulátoru, například po delší klidové pauze. Toto má například smysl, když se vozidlo v zimě večer odstaví a při příslušně nízké vnější teplotě se má zjistit, zda je akumulátor ještě s to, vozidlo bezpečně spouštět příští ráno při případně jiných teplotách.

K řešení tohoto úkolu prognázování se tvorí  $I_m$  z minimálních vnějších teplot posledních tří dní, uložených v systému, podle

$$I_m = \text{Min}(I_{min}) = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dodatečné snížení o dalších  $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  je bezpečnostní koeficient a může se přizpůsobit klimatickým podmínkám stanoviště.

Ze známého posledního stavu nabité (SOC<sub>1</sub>) a naposled určené změny stavu nabité  $a/\Omega_0$  se vytváří stav nabité SOC pomocí

$$\text{SOC} = \text{SOC}_1 + a/\Omega_0$$

Z SOC se stanovuje, jak bylo zmíněno výše,  $U_{ao}$  pro schválenou teplotu.

Tím je známo očekávané klidové napětí pro prognózovaný spouštěcí proces. Z již uvedené závislosti vnitřního odporu  $R_i$  a stavu nabité  $SOC$  se vypočítává vnitřní odpor, který se očekává v časovém okamžiku spouštění.

Za předpokladu potřebného spouštěcího proudu  $I_{start}$  pro studený motor dostaneme prognózované spouštěcí napětí  $U_{start} = U_{00} - R_i \times I_{start}$ . Z tohoto vztahu se může zjistit, zda spouštěcí napětí, které se očekává, ještě větší než předem dané napětí. Když je spouštěcí napětí větší než toto předem dané napětí, může se motor příští ráno ještě bezpečně spustit, pokud je ale napětí menší, není už dostatečná jistota a akumulátor se musí nabíjet. S touto metodou výpočtu je možné nejenom prognázovat opětovnou spouštěcí schopnost akumulátoru, nýbrž se také při provozu může, například u vozidel s přerušovaným provozem motoru, stanovovat časový okamžik opětovného spouštění motoru.

Výchozí měřené hodnoty ( $U_0$ ,  $I$ ,  $I$ ), potřebné pro popsání způsobu, se nechají v motorovém vozidle lehce zjistit. Tato data se mohou vyhodnocovat známým elektronickým systémem zpracování naměřených hodnot, a mohou řídit příslušné indikace v motorovém vozidle.

## P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob ke stanovení stavu nabité akumulátorů a jejich zatížitelnosti vysokým proudem, vyznačující se tím, že v pauzách bez proudu před a po zátěžové fázi se měří napětí  $U_{01}$  a  $U_{02}$  chodu naprázdno, že se z něho při zohlednění parametrů, specifických pro akumulátor, zejména časového průběhu napěti chodu naprázdno, vypočítávají klidová napětí  $U_{01}$  a  $U_{02}$  akumulátoru, že během zátěžové fáze se měří přeměněné proudové množství  $q$ , a že se ze vztahu ve tvaru  $U_{02} - U_{01} = C_1 q / Q_0$  zjištuje kapacita  $Q_0$  kyseliny akumulátoru a že relativní stav nabité SOC, se zjištuje z průběhu klidového napěti  $U_{01}$ , linearizovaného pomocí vzorce  $SOC_1 = U_{01}/C_1 - C_2$ , závislosti na stavu nabité akumulátoru, z čehož se vypočítává absolutní stav nabité jako  $SOC_0 = Q_0/Q_1$ .

2. Způsob podle nároku 1, vyznačující se tím, že při výpočtu absolutního klidového napěti  $U_{01}$  z naměřeného klidového napěti  $U_0$  se zohledňuje tvar napěti, časový průběh napěti a doba trvání klidové pauzy.

3. Způsob podle nároku 1 a 2, vyznačující se tím, že měření klidového napěti  $U_0$  během klidových pauz se uskutečňuje v pevných, předem daných odstupech.

4. Způsob podle nároku 1 až 3, vyznačující se tím, že vypočítané absolutní hodnoty klidového napěti  $U_{01}$  se normalizují korekčními koeficienty na předem danou teplotu.

5. Způsob podle alespoň jednoho z nároků 1 až 4, vyznačující se tím, že absolutní klidové napěti  $U_{01}$  se určuje z měření napěti  $U_0$  chodu naprázdno po minimální době klidu cca. 2 hodiny.

6. Způsob podle alespoň jednoho z nároků 1 až 5,

v y z n a č u j i c í s e t i m, že pomocí vysokého proudového zatížení se vnitřní odpor  $R_i$  zjišťuje jako podíl z rozdílu napětí a proudů před a během zatížení vysokým proudem.

7. Způsob podle jednoho z nároků 1 až 6, v y z n a č u j i c í s e t i m, že z vnitřního odporu  $R_i$ , předem dané teploty a naposled zjištěného stavu nabité se prognózuje klidové napětí pro pozdější časový okamžik, ze kterého se známým proudem, nutným ke startování motoru, odvozuje výpověď o spouštěcí schopnosti akumulátoru.